

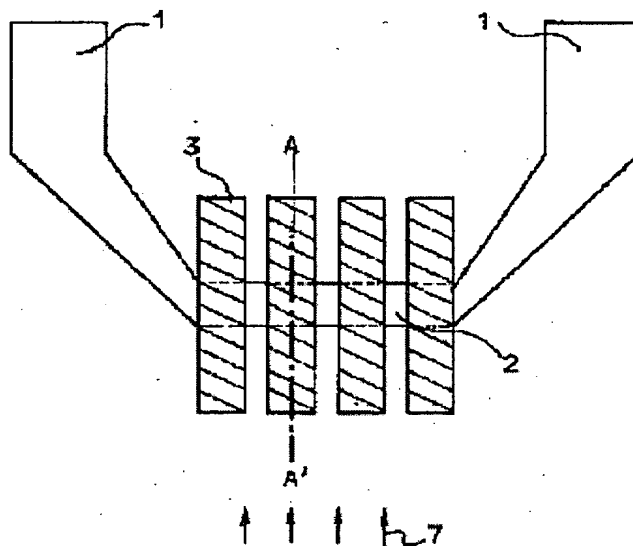
**MAGNETIC SENSOR AND METHOD FOR DETECTING MAGNETIC FIELD**

**Patent number:** JP7063832  
**Publication date:** 1995-03-10  
**Inventor:** SENDA MASAKATSU; others: 03  
**Applicant:** NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
**Classification:**  
- international: G01R33/02; G01R33/09; G11B5/33  
- european:  
**Application number:** JP19930210052 19930825  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP7063832**

**PURPOSE:** To provide a magnetic sensor and the method for detecting a magnetic field, which have the high sensitivity, S/N and measuring accuracy and can detect the polarity of the magnetic field with the simple part constitution.

**CONSTITUTION:** At least one magnetic substance 3 is provided directly or through a nonmagnetic insulator on the surface of a conductor 2 having at least a pair of electrodes 1 at both ends, and a magnetic sensor is obtained. At least one magnetic substance 3 is provided directly or through a nonmagnetic insulator on the surface of the conductor 2 having at least a pair of the electrodes 1 at both ends, a high-frequency current is applied into the conductor 2 and an external magnetic field 7 is detected based on the fact that the impedance of the conductor 2 is changed in response to the external magnetic field 7.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-63832

(43) 公開日 平成7年(1995)3月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 R 33/02

33/09

G 1 1 B 5/33

識別記号

D 8203-2G

8203-2G

F I

G 0 1 R 33/ 06

技術表示箇所

R

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-210052

(22) 出願日 平成5年(1993)8月25日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 千田 正勝

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 石井 修

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 越本 泰弘

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中村 純之助

最終頁に続く

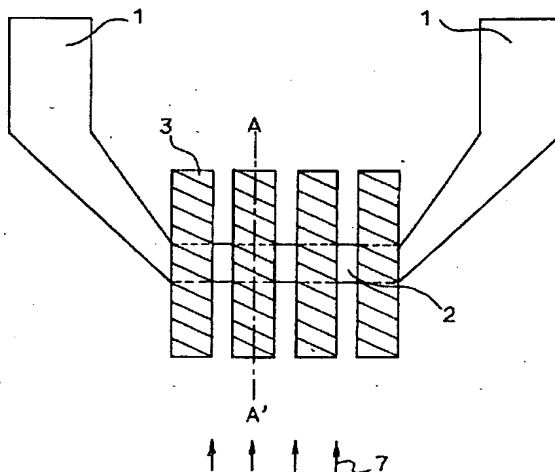
(54) 【発明の名称】 磁気センサおよび磁界検出方法

(57) 【要約】

【目的】 感度、S/N 比および測定精度が高く、かつ、単純な部品構成で磁界極性検出が可能な磁気センサおよび磁界検出方法を提供すること。

【構成】 上記目的は、両端に少なくとも1対の電極を有する導体の表面に、直接にあるいは非磁性絶縁体を介して、少なくとも1個の磁性体を設けてなることを特徴とする磁気センサとすること、および、両端に少なくとも1対の電極を有する導体の表面に、直接にあるいは非磁性絶縁体を介して少なくとも1個の磁性体を設け、上記導体に高周波電流を印加し、上記導体のインピーダンスが外部磁界に応じて変化することに基づいて、外部磁界を検出することを特徴とする磁界検出方法とすることによって達成することができる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】両端に少なくとも1対の電極を有する導体の表面に、直接にあるいは非磁性絶縁体を介して、少なくとも1個の磁性体を設けてなることを特徴とする磁気センサ。

【請求項2】両端に少なくとも1対の電極を有する導体の表面に、直接にあるいは非磁性絶縁体を介して少なくとも1個の磁性体を設け、上記導体に高周波電流を印加し、上記導体のインピーダンスが外部磁界に応じて変化することに基づいて、外部磁界を検出することを特徴とする磁界検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は磁気センサ及び磁界検出方法に係り、特に感度、S/N比、測定精度が高く、しかも単純な構成で磁界極性検出が可能な磁気センサ及び磁界検出方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】磁気抵抗効果型磁気センサ(以下、MRセンサと略称する)は、主に、磁気記録装置の再生用ヘッド、変位センサ(マグネスケール)、角度センサ(エンコーダ)などの磁界検出用センサとして用いられている。これらの場合、N極とS極が記録された媒体上をMRセンサを非接触で移動させ、媒体からの磁界強度に応じてMRセンサの抵抗値が変化することを利用して、記録信号、移動距離あるいは回転角度を検出することを動作原理としている。

【0003】磁気記録装置の高記録密度化、変位センサ、角度センサの変位あるいは角度の高分解能化のためには、高感度で高S/N比を有するMRセンサの開発が望まれる。センサの感度及びS/N比が低いと、高記録密度化、高分解能化が不可能となるだけでなく、センサ〜媒体間の距離を近づける必要が生じ、センサが媒体に衝突するという問題が生じる可能性がある。

【0004】従来、MRセンサとしては、強磁性体の磁気抵抗効果を利用したものが多く使用されてきた。磁気抵抗効果は、強磁性体の抵抗(R)が強磁性体の磁化方向と強磁性体に流す電流方向との間の角度 $\theta$ によって、下式

$$R = R_0 + \Delta R \cos^2 \theta \quad (1)$$

に従って変化する現象である。 $\theta$ は外部磁界によって磁化が方向を変えることによって変化する。ここで、 $R_0$ は磁化方向が電流方向と垂直になった場合の抵抗、 $\Delta R$ は磁化方向と電流方向とが平行になった場合の抵抗と $R_0$ との差である。MRセンサのS/N比は $\Delta R/R_0$ (磁気抵抗比)で表される。従来MRセンサに用いられてきた代表的な強磁性体であるNiFe、NiCo、NiCu合金などでは、磁気抵抗比は何れも数%程度(室温)と低く、また、 $\Delta R$ そのものも小さな値でしかなかった。従って、これらを用いたMRセンサはS/N比、感度ともに不十分で

あった。

【0005】最近、Fe/Cr多層膜において磁気抵抗比が50%程度となる現象が発見された(巨大磁気抵抗効果: M.N.Baibich, J.M.Brato, A.Fert, F.Nguyen Van Da u, F.Petroff, P.Eitenne, G.Creuzet, A.Friedrich and J.Chazelas; Phys.Rev.Lett., 61, 2472, '88)が、動作温度が4.2Kと低温であり、また、20kOeという大きな磁界印加が必要であるため、実用には向いていない。さらに、抵抗の外部磁界依存性に大きなヒステリシスが現れるため測定精度が低いという欠点もある。

【0006】また、式(1)から明らかなように、磁気抵抗効果は磁界反転に対して対称であるため、外部磁界の極性を検出するためには、バイアス磁界を印加して、動作点を移動させる必要がある。バイアス磁界印加法としては、磁気抵抗素子に隣接して絶縁体を介してバイアス用導体ラインを新たに配置し、バイアス用導体ラインに直流バイアス電流を流し、直流バイアス電流が磁気抵抗素子部に作る磁界を利用する方法が提案されている。しかし、この方法では構成部品数が増え、部品設計上及び部品製作上複雑さを伴うという問題がある。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】以上述べたように、従来のMRセンサはS/N比、感度及び測定精度が低く、また、磁界の極性を検出するためには、部品構成が複雑になるという欠点があった。

【0008】本発明の目的は、上記従来技術の有していた課題を解決して、感度、S/N比および測定精度が高く、かつ、単純な部品構成で磁界極性検出が可能な磁気センサおよび磁界検出方法を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的は、両端に少なくとも1対の電極を有する導体の表面に、直接にあるいは非磁性絶縁体を介して、少なくとも1個の磁性体を設けてなることを特徴とする磁気センサとすること、および、両端に少なくとも1対の電極を有する導体の表面に、直接にあるいは非磁性絶縁体を介して少なくとも1個の磁性体を設け、上記導体に高周波電流を印加し、上記導体のインピーダンスが外部磁界に応じて変化することに基づいて、外部磁界を検出することを特徴とする磁界検出方法とすることによって達成することができる。

## 【0010】

【作用】上記構成の磁気センサ及び磁界検出方法は、高周波においてインピーダンスが外部磁界に応じて大きく変化する現象を利用しているため、高S/N比、高感度、高精度となる。また、高周波電流印加用導体がバイアス用導体ラインを兼ねているため、単純な部品構成によって外部磁界の極性検出が可能となる。以下、図1及び図2によって本発明の作用についてやや詳細に説明する。図1は本発明磁気センサの構成の概要を示す図で、両端に1対の電極1を有する導体2の表面に複数の磁

3

磁性体3が設けられた構成からなることを示す。このような構造を有する磁気センサの或る周波数  $f$  でのインピーダンス  $Z(f)$ は、

$$Z(f) = Z_0(f) + \Delta Z_{\dots}(f) \quad (2)$$

で表される。ここで、 $Z_0(f)$ は磁性体3が設置されていない導体2のみのインピーダンス、 $\Delta Z_{\dots}(f)$ は磁性体3が設置されたことによるインピーダンスの増加分である。 $Z_0(f)$ は周波数が数GHz以下では殆ど周波数に依存せず一定値となる。一方、 $\Delta Z_{\dots}(f)$ は磁性体の比透磁率  $\mu_r(f)$ と

$$\Delta Z_{\dots}(f) \propto f \cdot \mu_r(f) \quad (3)$$

の関係にある。磁性体に外部磁界を印加していくと、 $\mu_r(f)$ の値は徐々に小さくなり、外部磁界の大きさが磁性体の異方性磁界に比べて十分大きな値になると、 $\mu_r(f)$ は遂に0となる。従って、図1の磁気センサの S/N 比は

$$\Delta Z_{\dots}(f) / (Z_0(f) + \Delta Z_{\dots}(f)) \quad (4)$$

で表せることになる。ここで、 $Z_0(f)$ の値は小さく、 $\Delta Z_{\dots}(f)$ は高周波領域で非常に大きな値となるため、この磁気センサは非常に大きな S/N 比を持つことになる。また、磁性体として異方性磁界が低くヒステリシスの小さな材料を選ぶことができるため、感度、測定精度も高くすることができる。

【0011】このように、本発明の磁気センサは、導体2に高周波電流を印加したとき、該導体2のインピーダンスが外部磁界7に応じて変化することに基づいて該外部磁界7を検出することを動作原理とする。なお、ここで、電極1は、高周波電流印加用と電圧検出用というように複数対であっても、同様の効果を得ることができる。また、磁性体3は1個であっても同様の効果を得ることができる。

【0012】図2は本発明磁気センサの別の構成の概要を示す図であり、図1の A-A' 断面を表した図に対応している。(a)、(b)では磁性体3が導体2の周りを1周するように、(c)、(d)では磁性体3が導体2を挟むように設けられていることを示す。また、(a)、(c)では磁性体3が導体2に直接設けられており、(b)、(d)では磁性体3が導体2に非磁性絶縁体4を介して設けられていることを示す。図2のような構成とすることによって、導体2から発生した高周波磁界に対する磁性体3の反磁界の影響が回避されるとともに磁束漏れを抑えることができ、大きな S/N比を得ることができる。

【0013】なお、外部磁界7に対する磁性体3の反磁界の影響を回避し、感度を向上させるためには、図1のように磁性体3の形状を長辺方向が外部磁界7と平行になるような短冊状とすることが有利である。図3に反磁界係数( $N_d$ )の磁性体形状依存性を示す。ここでは、磁性体の幅を10 $\mu$ m、厚さを1.5 $\mu$ mとした場合について示した。反磁界( $H_d$ )と  $N_d$  とは

$$H_d = N_d \cdot 4\pi Ms \quad (5)$$

4

の関係にある。ここで、 $4\pi Ms$  は飽和磁化である。図3の結果から、反磁界の影響を完全に回避するためには、磁性体の長さを500 $\mu$ m以上とする必要があることがわかる。すなわち、短冊状の形状が望ましいことが理解できる。

【0014】本発明の磁気センサでは、導体2及び磁性体3の膜厚を厚くすることにより、 $Z_0$ を下げ、 $\Delta Z_{\dots}$ を上げることができるため、これらの膜厚を適宜に設定することによって、感度及び S/N 比をさらに向上させることが可能である。この際、磁性膜3の膜厚を厚くすると、表皮効果のために、磁性体3の有効体積が減少してしまう。表皮効果を回避するためには、磁性体3の断面構造を、図4に示すように、磁性層5と非磁性絶縁層6とを交互に積層した多層構造とすることが効果的である。なお、この場合、磁性層5の厚さを表皮深さよりも薄くすること、また、非磁性絶縁層6の厚さを磁性層5間の電氣的絶縁を保ち得る厚さ以上とすることが効果的である。

【0015】

【実施例】以下、本発明の磁気センサ及び磁界検出方法について、実施例によって具体的に説明する。まず磁気センサのタイプとしては図1、図2(a)のものを選び、導体2として膜厚2 $\mu$ mの Cu を、磁性層5として膜厚0.05 $\mu$ mの NiFe 合金を、非磁性絶縁層6として0.1 $\mu$ mの SiO<sub>2</sub> を用い、磁性体3の総膜厚さは1.5 $\mu$ mとした。また、導体2の幅は10 $\mu$ m、長さは100 $\mu$ m、磁性体3の幅は10 $\mu$ m、長さは1000 $\mu$ m、磁性体3の個数は6個とした。なお、磁性体3の短辺方向が磁気異方性の容易軸方向である。

【0016】上記構成の磁気センサについて、電極1間に高周波電流を流し、電極1間の電圧を常温で測定した。電圧変化率( $\Delta V/V(0)$ )の周波数( $f$ )依存性を図5に示す。ここで、 $V(0)$ は外部磁界を印加しない場合の電圧、 $V(H)$ は外部磁界7として NiFe 合金の異方性磁界5 Oeよりも十分大きな磁界である100 Oeを印加した場合の電圧、 $\Delta V$ は  $V(0) - V(H)$ であり、 $\Delta V/V(0)$ は S/N 比に対応する。 $\Delta V/V(0)$ は数百 MHz から1 GHz付近で60~70%の大きな値となる。この周波数帯域で $\Delta V/V(0)$ が大きくなるのは、この周波数帯域が NiFe 合金の磁気共鳴周波数600 MHz~1 GHz に一致するためである。800 MHzでの電圧( $V$ )の外部磁界( $H$ )依存性を図6に示す。 $V$ は NiFe 合金の異方性磁界5 Oe前後で大きく減少し、20 Oeでほぼ一定値となる。

【0017】以上述べたように、上記構成例において、60~70%の大きな S/N 比が得られ、また、数 Oe の小さな外部磁界で大きな電圧変化が生じるため、感度も高いことがわかる。なお、外部磁界の増減を繰り返してもヒステリシスは観測されなかった。

【0018】また、図5からわかるように、 $\Delta V/V(0)$ は高周波電流の周波数を磁性体3の磁気共鳴周波数付近と

5

した場合に最大となる。従って、高 S/N 比、高感度を得るためには、本発明の磁気センサを磁気共鳴周波数近傍で動作させることが効果的である。

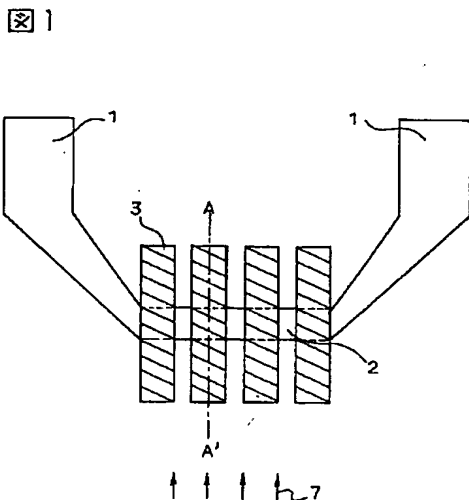
【0019】また、本発明構成の磁気センサでは、導体2に直流バイアス電流を流し、直流バイアス電流が磁性体3の位置につくるバイアス磁界によって V-H 曲線(図6)上の動作点を移動させ、外部磁界の極性検出を可能とすること、および、V-H 曲線の勾配が最大となる点に動作点を移動させることにより、感度を向上させることが可能となる。この際、本発明の磁気センサでは導体2がバイアス用導体ラインを兼ねているため、部品構成が単純化されていることが特徴である。

【0020】なお、磁性層5の材料としては、Fe、Co、Ni に Fe、Co、Ni、Zr、Nb、Y、Hf、Ti、Mo、W、Ta、Si、B、Re の中から選ばれる単独あるいは複数の元素を添加した材料を、非磁性絶縁層6としては SiO<sub>2</sub>、AlN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、BN、TiN、SiC を、また、導体2としては Cu、Al、Ag、Au、Pt、Sn、Cr、Zn、In をそれぞれ用いた場合にも同等の効果を達成することができる。

【0021】以上の結果から明らかなように、本発明の磁気センサは、従来の MR センサに比べ、S/N 比、感度及び測定精度が高く、また、磁界極性検出機能を持たせる場合には部品構成が単純となり、磁気センサそれぞれの性能のバラツキを抑え、信頼性を高めることができるという改善を達成することができた。

【0022】

【図1】



6

\*【発明の効果】以上述べてきたように、磁気センサ及び磁界検出方法を本発明構成の磁気センサ及び磁界検出方法とすることによって、従来技術の有していた課題を解決して、感度、S/N 比及び測定精度が高く、かつ、単純な部品構成で磁界極性検出が可能な磁気センサ及び磁界検出方法を提供することができた。すなわち、本発明構成の磁気センサ及び磁界検出方法によれば、インピーダンスが大きな外部磁界依存性を示すため、S/N 比、感度が非常に高くなるという利点がある。また、導体がバイアス用導体を兼ねるため、磁界極性検出機能を持たせる場合、部品構成が単純になるという利点がある。さらに、巨大磁気抵抗効果と比較した場合、常温、低磁界応答が可能であるとともに、ヒステリシスが小さいため、測定系が単純で、感度が高い、信頼性が高いなどの利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明磁気センサの構成の概要を示す図。

【図2】本発明磁気センサの別の構成の断面を示す図。

【図3】反磁界係数の磁性体形状依存性を示す図。

【図4】本発明磁気センサの磁性体の断面構造を示す図。

【図5】電圧変化率の周波数依存性を示す図。

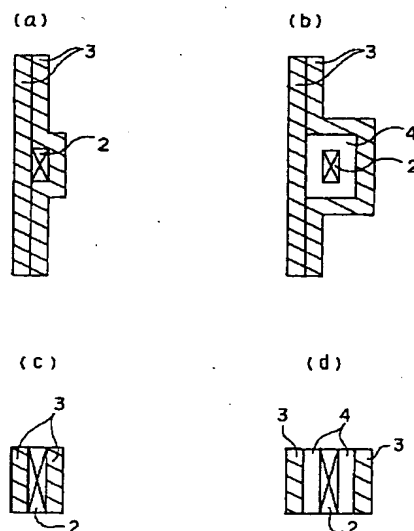
【図6】電圧の外部磁界依存性を示す図。

【符号の説明】

1…電極、2…導体、3…磁性体、4…非磁性絶縁体、5…磁性層、6…非磁性絶縁層、7…外部磁界。

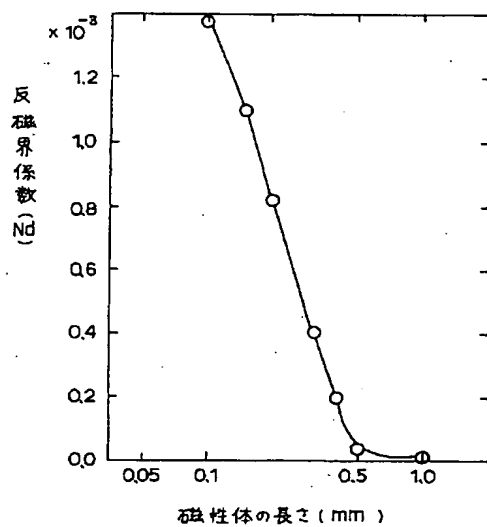
【図2】

図2



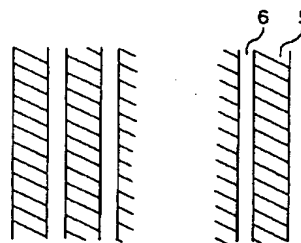
【図3】

図3



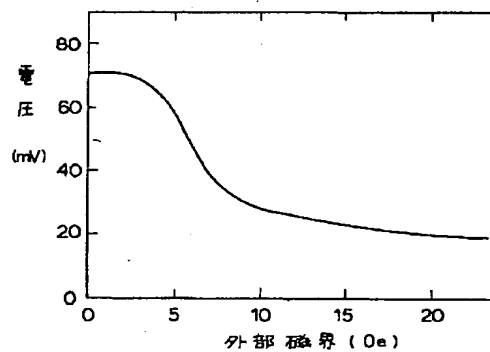
【図4】

図4



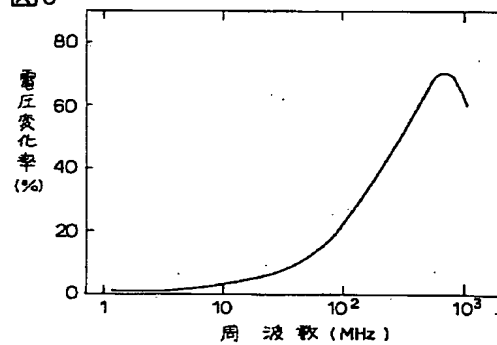
【図6】

図6



【図5】

図5



フロントページの続き

(72)発明者 戸島 知之  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内